

EVALUASI GEOTEKNIK DAN STRUKTUR PADA DERMAGA EKSISTING TERMINAL PETI KEMAS SEMARANG

Aditya Yoga Satria, Dhimas Noor Fattah
Ir. Indrastono D.A, M.Ing. , Ir. Himawan Indarto, M.S.
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl.Prof.Sudharto, S.H. Tembalang, Semarang 50275
Email: adityayogasatria@gmail.com

ABSTRACT

One of the Semarang Tanjung Emas flagship facility is a container terminal with field accumulation which is a container handling facility. When viewed from the tendency of the flow of goods through ports, each year has increased. However, an increase in loading and unloading activities are often disrupted by tidal water that flooded dock container terminals. Therefore, the needs of adding elevation dock container terminals, so that loading and unloading activities are not disrupted. Prior to the adding elevation of the wharf, first geotechnical and structural must be evaluated. From the results of the analysis, geotechnical existing capable of withstanding the load adding elevation dock. Consolidation settlement on geotechnical dock container Semarang is 11 cm, with the consolidation time is 16 months. So the plan elevation of 1.5 m must be added by 11 cm. The decrease was due to land subsidence 11cm/year, so plan elevation of 1.5 m can extend the life of the wharf service to 13 years and 10 months. For existing dock structure able to withstand loads due to the adding elevation of the wharf so it is not necessary to adding capacity. So that the evaluation can be continued into the planning for the elevation of the wharf form of additional beams and plates were riveted by the column.

Keyword : wharf, structural, geotechnical, container terminal.

ABSTRAK

Salah satu fasilitas unggulan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang adalah terminal peti kemas dengan fasilitas penanganan peti kemas. Bila dilihat dari kecenderungan arus barang melalui pelabuhan, setiap tahunnya mengalami peningkatan. Namun, peningkatan kegiatan bongkar muat sering terganggu oleh air pasang yang membanjiri dermaga. Oleh karena itu, diperlukan peninggian dermaga agar kegiatan bongkar muat tidak terganggu. Sebelum penambahan elevasi dermaga, terlebih dahulu dilakukan evaluasi terhadap geoteknik dan struktur dermaga eksisting. Dari hasil analisis geoteknik, dermaga eksisting mampu menahan beban peninggian dermaga. Penurunan konsolidasi akibat peninggian dermaga adalah 11 cm dengan waktu konsolidasi 16 bulan, sehingga rencana peninggian 1,5 m harus ditambah 11 cm. Penurunan yang disebabkan oleh *land subsidence* adalah 11cm/tahun, sehingga rencana peninggian 1,5 m dapat memperpanjang umur pelayanan dermaga sampai 13 tahun 10 bulan. Untuk struktur dermaga eksisting mampu menahan beban akibat peninggian dermaga sehingga tidak diperlukan perkuatan. Sehingga evaluasi dapat dilanjutkan ke dalam perencanaan peninggian dermaga yang terdiri dari balok, pelat, dan ditumpu oleh kolom peninggian.

Kata Kunci: dermaga, struktur, geoteknik, terminal peti kemas.

1. PENDAHULUAN

Salah satu fasilitas andalan Pelabuhan Tanjung Emas adalah terminal peti kemas dengan lapangan penumpukannya yang merupakan pusat *handling* peti kemas. Proyeksi produktivitas bongkar muat peti kemas tahun 2009-2012, baik untuk *export*, *full import*, dan *empty import* selalu meningkat

Akan tetapi peningkatan aktivitas bongkar muat tersebut seringkali terganggu oleh air yang menggenangi dermaga terminal peti kemas sampai setinggi 50cm. Kondisi tersebut terjadi saat rob atau pasang. Oleh karena itu, perlu adanya peninggian dermaga terminal peti kemas agar aktivitas bongkar muat tidak terganggu.

2. TUJUAN

Tujuan dari evaluasi ini adalah

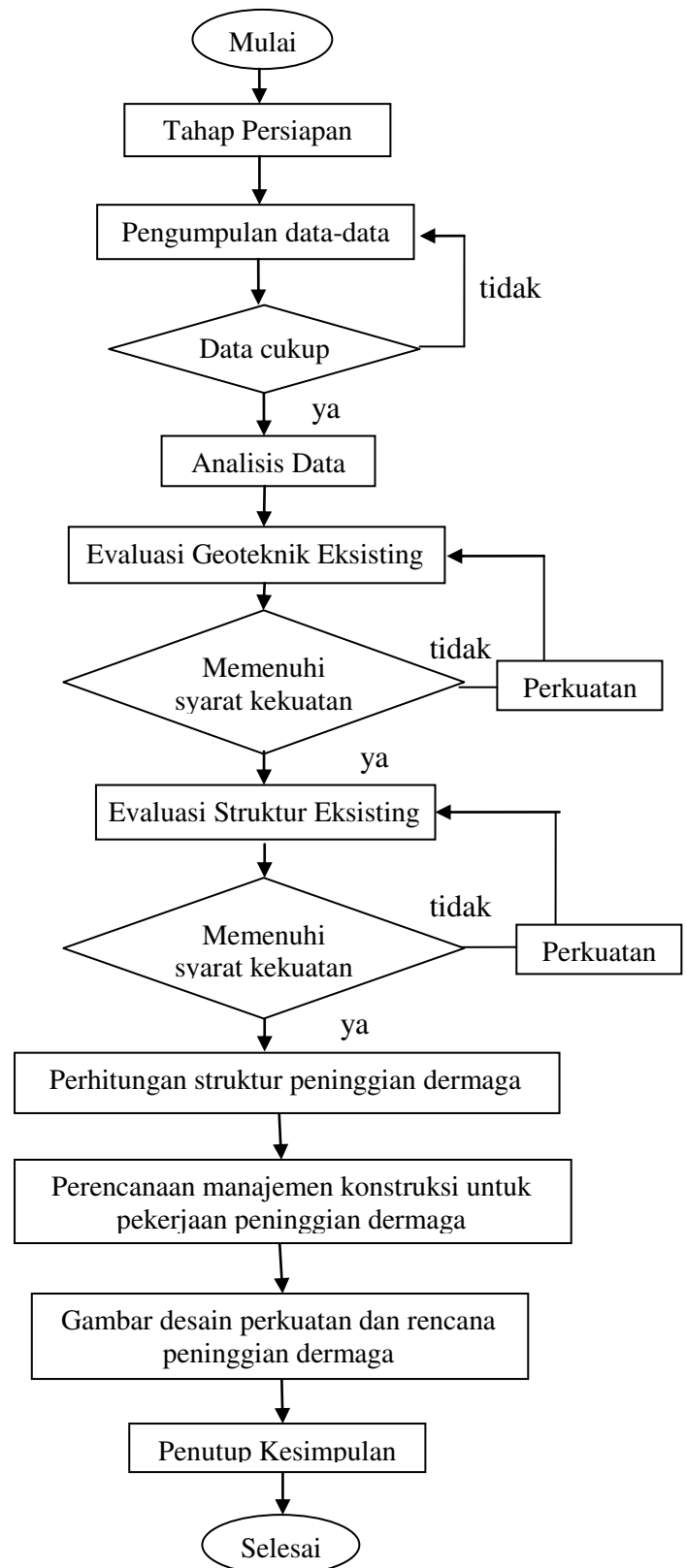
1. Mengetahui kapasitas struktur bawah dermaga eksisting.
2. Mengetahui kapasitas struktur atas dermaga eksisting.
3. Melakukan perencanaan peninggian struktur dermaga berupa kolom, balok, dan plat lantai.

3. PEDOMAN EVALUASI

Pedoman atau dasar evaluasi geoteknik dan struktur Dermaga Terminal Peti Kemas Semarang didapatkan dari literatur sebagai berikut:

1. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03 - 1726 – 2012
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03 - 2847 – 2002
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Pada Bangunan Gedung SNI 03 – 1729 - 2002

4. BAGAN ALIR EVALUASI



5. DATA UNTUK EVALUASI

5.a. Data Kapal Rencana

Data kapal rencana yang digunakan pada Dermaga Peti Kemas Tanjung Mas Semarang adalah :

Kapal Terbesar

- Bobot Kapal = 30000 DWT
- Berat Total, Wt = 40700 Ton
- Panjang Kapal, Loa = 206 m
- Lebar Kapal, B = 30,2 m
- Draft Kapal, d = 10,8 m
- Pjg Garis Air, Lpp = 194 m
- V Merapat = 0,15 m/s
- Sudut Merapat, ϕ = 10°
- Kec angin mak, Vw = 40 m/s²
- Bidang angin, Aw = 1000 m²
- Bidang rendam Ac = 250 m²
- Kecepatan arus, Vc = 1,7 m/s²
- BJ air laut, γ_0 = 1,025 ton/m³

5.b. Data Geoteknik

Dari penyelidikan tanah didapatkan data N-SPT. Selanjutnya profil tanah dapat dikorelasikan menggunakan tabel Terzaghi sehingga dapat diketahui variabel lain yang diperlukan yaitu γ -dry, γ -wet, E, μ , c, dan ϕ yang kemudian digunakan pada perhitungan geoteknik.

5.c. Beban Mati

Beban akibat berat sendiri struktur yaitu pelat, balok, dan tiang pancang kecuali poer akan dihitung secara otomatis oleh program bantu SAP2000v12.1.

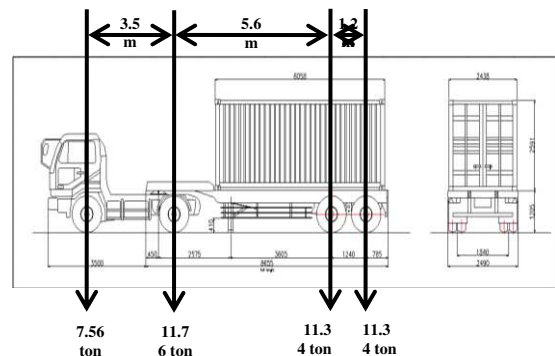
- Bolard : 1.30 Ton/titik
- Fender : 1.00 Ton/titik
- Baja : 7850 kg/m³
- Beton Dengan Tulangan : 2400 kg/m³

5.d. Beban Hidup



Gambar 1. Container Crane

- a. Beban hidup yang diterima oleh pelat adalah = 3000 kg/m²
- b. Container Crane = 48,30 Ton/m
- c. Beban Truk Peti Kemas



Gambar 2. Konfigurasi Beban Truck

5.e. Beban Kapal

Pada saat kapal bersandar pada konstruksi dermaga, ada energi kinetik tumbukan yang harus diabsorpsi dan ditransfer menjadi gaya horisontal yang harus mampu ditahan oleh bangunan dermaga. Dalam perencanaan, dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga dengan sudut 10° terhadap sisi depan dermaga.

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c$$

(Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, hal 170, 1997)

dimana :

E = energi kinetik yang timbul akibat benturan kapal (ton meter).

V = kecepatan kapal saat merapat (m/det).

W = bobot kapal (ton).

α = sudut penambatan kapal terhadap garis luar dermaga (10°).

g = gaya gravitasi bumi.

C_m = koefisien massa.

C_e = koefisien eksentrisitas.

C_s = koefisien kekerasan.

C_c = koefisien bentuk dari tambatan.

Data sesuai karakteristik Kapal yang akan sandar :

- *L Displacement Tonage* : 30000 DWT
- Berat total (W) : 40700 Ton
- *Length Over All (Loa)* : 206 m
- *Full Loaded Draft (D)* : 10,8 m
- *L perpendiculars (Lpp)* : 194 m
- *Molded breadth (B)* : 30,2 m
- *Berthing Velocity (v)* : 0,15 m/sec
- *Gravity acceleration (g)* : 9,8 m/sec²
- Sudut merapat kapal : 10°

Data perencanaan yang digunakan :

- Kec angin maksimum, $V_w = 15$ knots = 7,72 m/s²
- Bidang terkena angin, $A_w = 1000$ m²
- Bidang terendam, $A_c = 250$ m²
- Kecepatan arus, $V_c = 1,7$ m/s²
- Energi benturan kapal

$$E = \frac{WV_x^2}{2g} C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c$$

dimana

W = Berat total kapal = 40700 Ton

V_x = Kecepatan merapat kapal bersudut = 0,26 m/s

g = Percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

C_m = Koefisien massa = 1,894

C_e = Koefisien eksentrisitas = 0,454

C_s = Koefisien kekerasan = 1,0

C_c = Koefisien bentuk = 1,0

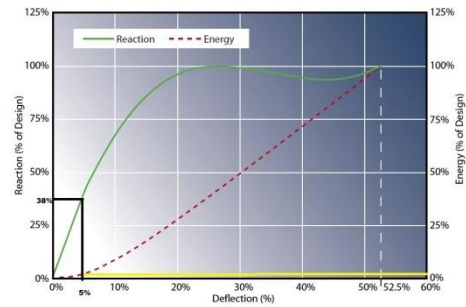
$$E = 40700 \times 0,026^2 / (2 \times 9,81) \times 1,894 \times 0,454 \times 1 \times 1 = 1,206 \text{ Tm.}$$

Dermaga menggunakan *Fender Cell tipe SC1250H*, dengan spesifikasi sbb:

Energi max bisa ditahan : 655 kNm

Reaksi max yang disalurkan ke dermaga : 1175 kN

Defleksi max yang bisa ditahan : 52,5%



Grafik 1. Grafik fender cell SC 1250 H

- Energi benturan kapal yang terjadi = 1,206 Ton meter = 12,06 kNm = 1,84% dari E maks fender (garis kuning)
- Energi yang terjadi menghasilkan defleksi sebesar 5%
- Dari defleksi 5% menghasilkan reaksi sebesar 38% dari Rmax fender

5.f. Beban angin

- Mencari tekanan angin

$$P_a = 0,063 \times V_w^2$$

dimana

V_w = Kecepatan angin maksimum = 7,72 m/s

$$P_a = 0,063 \times V^2 = 0,063 \times 7,72^2 = 100,8 \text{ kg/m}^2$$

- Gaya akibat angin

$$R_w = 1,1 \times P_a \times A_w$$

dimana

P_a = Tekanan angin = 100,8 kg/m²

A_w = Luas bidang kapal terkena angin = 1000 m²

$$R_w = 1,1 \times P_a \times A_w = 1,1 \times 100,8 \times 70\% \times 1000 = 77616 \text{ kg} = 77,62 \text{ T}$$

5.g. Beban Arus

$$R_a = C_c \times \gamma_0 \times A_c \times (V_c^2 / 2g)$$

dimana

C_c = Koefisien tekanan arus, diambil = 0,6

γ_0 = Rapat massa air laut = 1025 kg/m³

A_c = Luas tampang kapal yang terendam air laut = 250 m²

V_c = Kecepatan arus = 1,7 m/s

g = Percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

$$\begin{aligned}
 R_a &= C_c \times \gamma_0 \times A_c \times (V_c^2 / 2g) \\
 &= 0,6 \times 1025 \times 250 \times (1,7^2 / (2 \times 9,81)) \\
 &= 22647,17 \text{ kg} = 22,647 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Total Beban pada bollard = Beban akibat angin + Beban akibat arus = 77,62 + 22,65 = 100,27 Ton

5.h. Beban Gempa

Beban gempa dihitung berdasarkan peraturan gempa indonesia (SNI 03-1726-2012)

5.i. Beban Akibat Penurunan

Beban akibat penurunan disebabkan dari penurunan seketika tiang pancang sebesar 11 cm. Beban ini diletakkan dan dikombinasikan pada tumpuan bagian bawah tiang pancang.

5.j. Kombinasi Pembebanan

Koefisien kombinasi pembebanan seperti berikut :

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan Terfaktor

No	Kombinasi Pembebanan	Beban Vertikal	Beban Horisontal
1.	Kombinasi 1	(1,4DL)	
2.	Kombinasi 2	(1,2DL) + (1,6LL) + (1,0J)	
3.	Kombinasi 3	(1,2DL) + (1,6LL) + (1,0J)	(1,6FL)
4.	Kombinasi 4	(1,2DL) + (1,6LL) + (1,0J)	(1,6BL)
5.	Kombinasi 5	(1,2DL) + (1,0LL) + (1,0J)	(0,416EQy)
6.	Kombinasi 6	(1,2DL) + (1,0LL) + (1,0J)	(0,416EQy)
7.	Kombinasi 7	Beban Ultimate Kombinasi 1-7 (envelope)	

dimana:

DL = Beban mati/berat sendiri struktur.

LL = Beban hidup.

FL = Beban fender.

BL = Gaya tarik bollard.

Eqy = Gaya gempa arah y.

J = Penurunan.

2. Metode Luciano Decourt

Kapasitas daya dukung tiang dibedakan oleh daya dukung ujung dan daya dukung gesek, maka akan didapat:

$$Q_u = Q_e + Q_{fa}$$

$$a. \quad Q_e = A_p (q \cdot N_q \cdot a_q + \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot a_\gamma)$$

$$Q_e = A_p ((q \cdot N_q \cdot a_q) + (\gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot a_\gamma))$$

$$Q_e = 48,77 \text{ kN}$$

$$b. \quad Q_{fa} = p \cdot L \cdot C \cdot K$$

$$Q_{fa} = 2,86 \cdot 60 \cdot 21,89 \cdot 2$$

$$Q_{fa} = 7512,64 \text{ kN}$$

$$c. \quad Q_u = Q_e + Q_f$$

$$Q_u = 48,77 + 7512,64 = 7561,41 \text{ kN}$$

$$7561,41 \text{ kN} > 1820,96 \text{ kN} \quad (SF = 4,1)$$

6. EVALUASI GEOTEKNIK

6.a. Daya Dukung Vertikal Tiang

Kapasitas daya dukung tiang vertikal dihitung dengan 2 cara untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Hasil dari perhitungan, dibandingkan dengan gaya vertikal yang didapat dari analisis software SAP2000, yaitu sebesar 1820,96 kN. Hasil perhitungan dari kapasitas daya dukung tiang vertikal adalah sebagai berikut:

$$1. \quad Q_u = (A_b \cdot Q_f) + (A_s \cdot f_s \cdot L)$$

$$Q_u = 3761,95 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi, } 3761,95 \text{ kN} > 1820,96 \text{ kN}$$

$$(SF = 2,06)$$

Dari perhitungan diambil hasil yang terkecil dari persamaan pertama, yaitu $Q_u = 3761,95 \text{ kN}$. Dan disimpulkan bahwa daya dukung tiang vertikal mampu menahan beban vertikal yang bekerja pada peninggian dermaga dengan *safety factor* 2,06.

6.b. Daya Dukung Horizontal Tiang

Dalam perhitungan daya dukung horizontal, dipergunakan teori tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dari perhitungan dibandingkan dengan gaya horizontal yang bekerja pada tiang pancang hasil dari analisis SAP2000, yaitu sebesar 51,42kN. Perhitungan daya dukung horizontal tiang adalah sebagai berikut

1. Perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif

$$K_a = Tg^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = Tg^2 \left(45 - \frac{0}{2} \right) = 1$$

$$K_p = Tg^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = Tg^2 \left(45 + \frac{0}{2} \right) = 1$$

2. Perhitungan tekanan tanah aktif

Persamaan yang digunakan dalam menghitung tekanan tanah aktif adalah

$$P_a = (0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \cdot B) - (2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_a})$$
$$\Delta P_a = 7556 \text{ kN}$$

3. Perhitungan tekanan tanah pasif

Persamaan yang digunakan dalam menghitung tekanan tanah pasif adalah

$$P_p = (0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \cdot B) + (2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_p})$$
$$\Delta P_p = 12091 \text{ kN}$$

4. Daya dukung horizontal tiang pancang

Gaya horizontal yang mampu ditahan oleh tiang sebesar $\Delta P_p - \Delta P_a$.

$$H_u = \Delta P_p - \Delta P_a$$
$$= 12091 - 7556$$
$$= 4535 \text{ kN}$$

Jadi, $H_u > H$

$$4535 \text{ kN} > 51,42 \text{ kN}$$

Dari perhitungan tersebut, disimpulkan bahwa daya dukung tiang horizontal mampu menahan beban horizontal yang bekerja pada peninggian dermaga.

6.c. Penurunan Tiang Pancang

Tiang pancang yang dihitung untuk mencari penurunan adalah tiang pancang kelompok dengan arah melintang. Beban yang

diterima oleh kelompok tiang adalah hasil penjumlahan dari reaksi perletakan dari setiap tiang, yaitu sebesar 5991,82 kN.

1. Perhitungan tekanan overburden (σ)

$$\sigma = (\gamma_{\text{laut}} \cdot H_{\text{laut}}) + (\gamma_{\text{tanah}} \cdot L)$$
$$= (10,3 \cdot 12,5) + (18 \cdot 60)$$
$$= 1205 \text{ kN/m}^2$$

2. Perhitungan beban tambahan ($\Delta \sigma$)

$$\text{Luas daerah beban (A)} = 98,75 \text{ m}^2$$
$$\Delta \sigma = P/A$$
$$= 7991,82/98,75 = 80,92 \text{ kN/m}^2$$

3. Penurunan konsolidasi tiang (S)

$$S = C_c \cdot \left| \frac{Z}{1+e} \right| \log \frac{\sigma + \Delta \sigma}{\sigma}$$
$$= 0,26 \cdot \left| \frac{40}{1+1,66} \right| \cdot \log \frac{1205 + 60,67}{1205}$$
$$= 0,1103 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

4. Waktu (t) yang diperlukan untuk mencapai penurunan maksimum (U=80%)

$$t = \frac{T_v \cdot H}{C_v} = \frac{0,567 \cdot 3000}{0,002370}$$
$$= 717721,51 \text{ menit}$$
$$= 16 \text{ bulan } 18 \text{ hari}$$

Jadi, rencana peninggian 1,5 meter harus ditambah sebesar 11 cm agar elevasi dermaga peninggian dapat sama dengan elevasi dermaga perpanjangan ketika seluruh struktur peninggian sudah terpasang.

6.d. Penurunan Tanah (*Land Subsidence*)

Land Subsidence di pelabuhan Tanjung Emas adalah penurunan tanah yang disebabkan oleh konsolidasi tanah, pengambilan air tanah yang berlebihan, bangunan, dan gerakan lempeng Australia yang menurunkan permukaan daratan di Pantai Utara Jawa. Penurunan di pelabuhan Tanjung Emas mencapai 11 cm/tahun (*Robert J Kodoatie dalam Suara Merdeka, 18 Juni 2013*).

Jadi, peninggian 1,5 meter yang direncanakan oleh PT Pelindo III (Persero) dapat memperpanjang masa pelayanan

dermaga menjadi 13 tahun 10 bulan. Setelah itu, harus dilakukan evaluasi kembali terhadap dermaga eksisting.

7. EVALUASI STRUKTUR

7.a. Evaluasi Pelat Eksisting

Dari analisis melalui perbandingan jumlah luas tulangan akibat momen, pelat eksisting mampu menahan beban akibat peninggian dermaga sehingga tidak diperlukan perkuatan. Hasil analisis disajikan dalam tabel.

Tabel 2. Kapasitas Pelat Eksisting

Bag	As perlu (mm ²)	As pasang (mm ²)	Ket
Tump x	826	1339,73	Aman
Lap x	826	1339,73	Aman
Tump y	826	1339,73	Aman
Lap y	826	1339,73	Aman

7.b. Evaluasi Balok Eksisting

. Dari perhitungan kapasitas balok eksisting, semua balok dapat menahan beban akibat peninggian dermaga. Sehingga tidak diperlukan perkuatan. Hasil dari analisis disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 3. Gaya Dalam Balok Eksisting

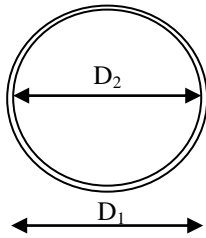
No	Jenis	Mu Tump		Mu Lap		Vu (kN)
		Negatif (kNm)	Positif (kNm)	Negatif (kNm)	Positif (kNm)	
1	Balok B1	88,08	1,92	-	59,23	105,28
2	Balok B2	124,07	-	-	69,97	121,73
3	Balok B3	66,50	-	-	-	129,40
4	Balok OS	73,28	-	-	-	139,48
5	B Crane	153,22	19,67	-	100,76	183,34
6	Balok PF	44,61	2,07	-	36,17	62,88

Tabel 4. Kapasitas Balok Eksisting

No	Jenis	ϕM_n Tump		ϕM_n Lap		ϕV_n (kN)	Ket
		Negatif (kNm)	Positif (kNm)	Negatif (kNm)	Positif (kNm)		
1	Balok B1	452,88	452,88	452,88	452,88	1133,68	Aman
2	Balok B2	2457,79	1642,06	1642,06	1642,06	1133,68	Aman
3	Balok B3	1754,47	1642,06	1642,06	1642,06	1133,68	Aman
4	Balok OS	5357,64	2381,17	2381,17	2381,17	3422,9	Aman
5	B Crane	5357,64	5357,64	5357,64	5357,64	3422,9	Aman
6	Balok PF	252,22	252,22	252,22	252,22	1002,49	Aman

7.c. Evaluasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang pipa baja dengan data – data sebagai berikut:



Gambar 3. Gambar Penampang Tiang Pancang

Diameter luar (D_1)	= 914,4 mm
Tebal (t)	= 16 mm
Diameter dalam (D_2)	= 898,4 mm
Luas (A)	= 451,6 cm ²
Momen Inersia (I)	= 456000 cm ²
Jari-jari girasi (r)	= 31,8 cm
Section modulus (S)	= 9970 cm
Plastis modulus (Z)	= 12915,32 cm
F_y	= 2500 kg/cm ²
Modulus elastisitas (E)	= 2000000 kg/cm ²
Panjang tiang (L)	= 3250 cm

- Kontrol terhadap Gaya Aksial (P)**

Dari hasil analisa SAP2000, diperoleh $P_u = 1820,96$ kN

$$P_u < \phi P_n$$

$$= 1820,96 \text{ kN} < 0,85 \cdot 2235,64 \text{ kN}$$

$$= 1820,96 \text{ kN} < 1900,29 \text{ kN}$$

Karena $P_u < \phi P_n$ maka struktur tiang pancang mampu menahan gaya aksial akibat peninggian dermaga.

- Kontrol terhadap Gaya Momen (M)**

Dari hasil analisa SAP2000, diperoleh $M_u = 1655,22$ kNm.

Faktor perbesaran momen untuk portal bergoyang (δ)

$$P_u = 1820,96 \text{ kN}$$

$$P_{el} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{(k \cdot \frac{L}{r})^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \cdot 2000000 \cdot 451,6}{(1,2 \cdot \frac{7420}{31,8})^2}$$

$$= 513586,61 \text{ kg} = 5135,86 \text{ kN}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{el}}} = 1,54$$

Kontrol Perbandingan Momen

$$M_u < \phi M_n$$

$$= 1,54 \cdot 1655,22 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 3228,83 \text{ kNm}$$

$$= 2549,03 \text{ kNm} < 2905,94 \text{ kNm}$$

Karena $M_u < \phi M_n$ maka struktur tiang pancang mampu menahan momen akibat peninggian dermaga.

- Kontrol terhadap Interaksi P-M**

$$\frac{P_u}{2 \cdot \phi \cdot P_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi \cdot M_{ny}} \right] < 1$$

$$\frac{2511,25}{2 \cdot 2532,05} + \left[\frac{799,3}{2905,94} + \frac{22,4}{2905,94} \right] < 1$$

$$0,77 < 1$$

Karena $0,77 < 1$ maka struktur tiang pancang mampu menahan interaksi aksial dan momen akibat peninggian dermaga.

- Kontrol terhadap Gaya Geser (V)**

Dari hasil analisa SAP2000, diperoleh

$$V_u = 109,94 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$= 109,94 \text{ kN} < 0,9 \cdot 6774 \text{ kN}$$

$$= 109,94 \text{ kN} < 6096,6 \text{ kN}$$

Karena $V_u < \phi V_n$ maka struktur tiang pancang mampu menahan gaya geser akibat peninggian dermaga

Dari analisis yang dilakukan melalui kontrol aksial, momen, interaksi aksial momen, dan geser, tiang pancang eksisting mampu menahan beban yang ada akibat peninggian dermaga. Sehingga tidak diperlukan perkuatan.

8. PERENCANAAN PENINGGIAN STRUKTUR DERMAGA

8.a. Perencanaan Pelat Peninggian

Data Pelat yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

L_y	= 5,4 m
L_x	= 3,95 m
Tinggi pelat (h)	= 250 mm
Selimut beton (p)	= 40mm
Diameter tul utama (D)	= 16 mm
Tinggi efektif (d)	= $h - p - D - 0,5D$
	= 186 mm
Lebar pelat (b)	= 1000 mm
(Diambil per meter panjang)	

Tabel 6. Perhitungan Pelat Peninggian

Arah x		Arah y	
Tump	Lap	Tump	Lap
D16-250	D16-250	D16-250	D16-250

8.b. Perencanaan Balok Peninggian

Data yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Data Balok

No	Jenis	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)
1	B1A	400	700
2	B2A	400	700
3	B. OS A	900	1200
4	B.Crane A	900	1200
5	B. PF A	500	1500

Tabel 8. Penulangan Balok

		B1A	B2A	OS A	B Crane A	B PF A
Tumpuan	Atas	8 D 22	8 D 25	13 D 32	8 D 32	2 D 22
	Bawah	3 D 22	3 D 25	3 D 32	4 D 32	4 D 22
	Geser	3D13-125	3D13-125	3D13-125	4D13-100	2D10-200
Lapangan	Atas	4 D 22	4 D 25	13 D 32	4 D 32	2 D 22
	Bawah	2 D 22	2 D 25	3 D 32	7 D 32	5 D 22
	Geser	2D13-200	2D13-200	3D13-125	4D13-100	2D10-200
Samping		2 D 10	2 D 10	4 D 10	4 D 10	18 D 22

8.c. Perencanaan Kolom Peninggian

Perencanaan kolom dilakukan melalui pengecekan momen dan gaya aksial yang dihubungkan menjadi diagram interaksi kolom. Diagram interaksi dari kapasitas kolom dibandingkan dengan momen dan gaya aksial yang bekerja. Apabila beban bekerja masih dibawah kapasitas kolom, maka perencanaan dilakukan sudah bisa dilaksanakan.

Data :

$$b = 100\text{cm} = 1000\text{mm}$$

$$h = 100\text{cm} = 1000\text{mm}$$

$$p = 40 \text{ mm}$$

$$L = 158,5\text{cm} = 1585\text{mm}$$

$$Ac = 10000\text{cm}^2 = 1000000\text{mm}^2$$

Dari hasil perhitungan manual dan PCACOL didapatkan hasil yang hampir sama. Akan tetapi, perhitungan PCACOL menghasilkan nilai yang lebih kecil dari perhitungan manual, sehingga dalam perencanaan dipergunakan hasil dari PCACOL.

$$P_o = 19682 \text{ kN}$$

$$P_{\text{balance}} = 7805,57 \text{ kN}$$

$$M_o = 1500,57 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{balance}} = 2921,28 \text{ kNm}$$

- Kontrol Biaksial**

Setelah beban yang bekerja di plot kedalam diagram interaksi, maka didapatkan P_x dan P_y . Nilai P_x dan P_y adalah sebagai berikut:

$$P_x = 4356 \text{ kN}$$

$$P_y = 17271 \text{ kN}$$

$$e_{\min} = 15 + 0,03h = 15 + 0,03 \cdot 1000 = 45 \text{ mm}$$

$$e_x = M_x/P_n = 911,86/1194,54 = 763 \text{ mm (Terpenuhi)}$$

$$e_y = M_y/P_n = 116,40/1194,54 = 97 \text{ mm (Terpenuhi)}$$

Untuk melakukan pengecekan kapasitas biaksial dipergunakan persamaan bresler sebagai berikut:

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} - \frac{1}{P_o}$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{4356} + \frac{1}{17271} - \frac{1}{19682}$$

$$P_n = 4225,45$$

$$P_u < P_n = 1194,54 \text{ kN} < 4225,45 \text{ kN} \\ = 1194,54 \text{ kN} < 4225,45 \text{ kN}$$

Jadi, tulangan 22 D 25 mampu menahan momen dan gaya aksial yang bekerja akibat peninggian dermaga.

- **Penulangan Geser**

Digunakan tulangan 3D10 – 200 pada sepanjang kolom

9. PENUTUP

9.a. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan secara geoteknik dan struktur, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas geoteknik dermaga eksisting adalah sebagai berikut:

a. Kapasitas daya dukung vertikal $Q_u = 3761,95$ kN. Dan disimpulkan bahwa daya dukung tiang vertikal mampu menahan beban vertikal yang bekerja pada peninggian dermaga sebesar 1820,96 kN dengan *safety factor* sebesar 2,06.

b. Kapasitas daya dukung horisontal $H_u = 4535$ kN. Dan disimpulkan bahwa daya dukung tiang horisontal mampu menahan beban horisontal yang bekerja pada peninggian dermaga sebesar 51,42 kN.

c. Penurunan konsolidasi akibat peninggian dermaga pada geoteknik dermaga peti kemas Semarang adalah 11 cm dalam 16 bulan 18 hari, sehingga rencana peninggian 1,5m yang akan dilakukan oleh PT Pelindo III (Persero) harus ditambah sebesar 11 cm agar saat peninggian dermaga terpasang, elevasi dermaga peninggian dan dermaga perpanjangan sama. Sehingga dermaga dapat beroperasi dengan baik.

d. Penurunan akibat *land subsidence* di pelabuhan Tanjung Emas mencapai 11 cm/tahun (*Robert J Kodoatie dalam Suara Merdeka, 18 Juni 2013*).

Jadi, peninggian 1,5 meter yang direncanakan oleh PT Pelindo III (Persero) dapat memperpanjang masa pelayanan dermaga menjadi 13 tahun 10 bulan.

Dari hasil evaluasi diatas, geoteknik pada dermaga eksisting mampu menahan

beban akibat peninggian dermaga dan tidak diperlukan perkuatan.

2. Kapasitas struktur dermaga eksisting adalah sebagai berikut:

a. Pelat

Kapasitas pelat eksisting disajikan dalam tabel 2

b. Balok

Kapasitas balok eksisting disajikan dalam tabel 3 sampai dengan 4

c. Tiang Pancang

- Kapasitas aksial $P_n = 1900,29$ kN. Dan disimpulkan bahwa tiang pancang eksisting mampu menahan gaya aksial yang bekerja pada peninggian dermaga sebesar 1820,96 kN.

- Kapasitas momen $M_n = 2905,94$ kNm. Dan disimpulkan bahwa tiang pancang eksisting mampu menahan gaya momen yang bekerja pada peninggian dermaga sebesar 2549,03 kNm.

- Dari perhitungan interaksi aksial dan momen, didapatkan hasil 0,77. Dan dipersyaratkan hasil dari persamaan harus kurang dari 1. Sehingga tiang pancang eksisting mampu menahan interaksi dari gaya aksial dan momen pada peninggian dermaga.

- Kapasitas geser $V_n = 6096,6$ kN. Dan disimpulkan bahwa tiang pancang eksisting mampu menahan gaya geser yang bekerja pada peninggian dermaga sebesar 109,94 kN.

Dari hasil evaluasi diatas, struktur pada dermaga eksisting mampu menahan beban akibat peninggian dermaga dan tidak diperlukan perkuatan.

3. Setelah geoteknik dan struktur dermaga eksisting dinyatakan aman dan tidak diperlukan perkuatan, dilakukan perhitungan untuk melakukan perencanaan peninggian dermaga. Rencana peninggian dermaga adalah sebagai berikut

a. Pelat

Pelat direncanakan memiliki tebal 250 mm dengan penulangan seperti yang tersaji dalam tabel 6.

b. Balok

Dimensi yang digunakan pada balok disajikan dalam tabel 7. Penulangan pada balok disajikan dalam tabel 8.

c. Kolom

Pada peninggian dermaga direncanakan menggunakan kolom beton bertulang dengan dimensi 1m x 1m dengan tulangan pokok 22 D 25 dan tulangan geser 3D10 – 200.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. Erlangga, Jakarta.

9.b. Saran

1. Agar hasil dari analisis ini dapat diterapkan secara maksimal di lapangan dan sesuai dengan kondisi di lapangan, perlu dilakukan pengecekan kedalaman terhadap tiang pancang eksisting. Cara melakukan pengecekan terhadap tiang pancang eksisting tidak dibahas dalam tugas akhir ini.
2. Karena pengaruh *land subsidence* di kawasan pelabuhan Tanjung Emas yang mencapai 11cm/tahun, maka peninggian dermaga 1,5 meter yang direncanakan oleh PT Pelindo III (Persero) dapat memperpanjang masa pelayanan dermaga menjadi 13 tahun 10 bulan. Setelah itu, harus dilakukan evaluasi kembali terhadap dermaga eksisting.

10. DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Pelabuhan*. Beta Offset, Yogyakarta
- Anonim. 2012. *SNI 03 – 1726 – 2012 Tentang Perencanaan Ketahanan Gempa*. PU, Jakarta
- Anonim. 2002. *SNI 03 – 2847 – 2002 Tentang Perencanaan Beton Bertulang*. PU, Jakarta
- M Das, Braja. 1995. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Erlangga, Jakarta
- Redana, I Wayan. 2010. *Teknik Pondasi*. Udayana University Press, Denpasar.